

**UJI KARAKTERISTIK ENZIM β -1,4-GLUKOSIDASE PADA BERBAGAI YEAST
SERTA KINETIKA REAKSI ENZIM CAMPURAN**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada
Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik**

Oleh:

ELOX YUNIAR RAHMAWATI

D500130045

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2018

HALAMAN PERSETUJUAN

**UJI KARAKTERISTIK ENZIM β -1,4-GLUKOSIDASE PADA BERBAGAI
YEAST SERTA KINETIKA REAKSI ENZIM CAMPURAN**

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh:

ELOX YUNiar RAHMAWATI

D500130045

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Hamid Abdillah, ST., MT.

NIK. 0608057402

HALAMAN PENGESAHAN

**UJI KARAKTERISTIK ENZIM β -1,4-GLUKOSIDASE PADA BERBAGAI
YEAST SERTA KINETIKA REAKSI ENZIM CAMPURAN**

OLEH

ELOX YUNIAR RAHMAWATI

D500130045

Telah dipertahankan di depan Dewan penguji

Fakultas Teknik




Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Selasa, 10 Oktober 2017

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

- 1. Hamid Abdillah, ST., MT.**
(Ketua Dewan Penguji)
- 2. Dr. Ir. A.M. Fuadi, MT.**
(Anggota I Dewan Penguji)
- 3. Rois Fatoni, ST., M.Sc., Ph.D**
(Anggota II Dewan Penguji)


(.....)

(.....)

(.....)



NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu oleh naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 16 Oktober 2017

Penulis



ELOX YUNIAR RAHMAWATI

D500130045

UJI KARAKTERISTIK ENZIM β -1,4-GLUKOSIDASE PADA BERBAGAI YEAST SERTA KINETIKA REAKSI ENZIM CAMPURAN

Abstrak

Selulase adalah enzim tereduksi yang disintesis dari mikroorganisme yang ditumbuhkan dalam medium selulosa. Enzim selulase dan β -glukosidase terdapat dalam berbagai jenis bakteri, jamur serta yeast. Strain dari yeast *Debaryomyces Hansenii* dan *Debaryomyces Polymorphus* menunjukkan aktivitas β -glukosidase tinggi sedangkan fungi *Aspergillus Niger* menghasilkan aktivitas selulase yang tinggi dan β -glukosidase yang tidak terlalu tinggi. Enzim selulase dapat menghidrolisis selulosa menjadi glukosa dengan cara fermentasi. Pada penelitian ini dilakukan pencampuran enzim dari fermentasi yeast dan fermentasi fungi. Strain *Debaryomyces Hansenii* memiliki kandungan β -glukosidase tertinggi pada produksi enzim 4 hari sebesar 0,2650212 units/ml dicampur dengan fungi *Aspergillus Niger* L-76 0,0592 units/mL untuk di uji kinetika reaksi enzim campuran dengan perbandingan yeast : fungi = 1:1, 1:2 dan 2:1. Enzim campuran yang tertinggi dihasilkan pada perbandingan 2:1 dan mempunyai parameter kinetika enzim Vmax sebesar 0,200080032 g/L dan Km 1,589636L/g dengan menggunakan variasi konsentrasi substrat CMC 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; dan 1g/L.

Kata Kunci: Enzim Selulase, Yeast, Congo Red, Fermentasi, Kinetika Reaksi

Abstract

Cellulase is a reduced enzyme synthesized from microorganisms grown in cellulose medium. Cellulase and β -glucosidase enzymes are present in various types of bacteria, fungi and yeasts. Strains of yeast *Debaryomyces Hansenii* and *Debaryomyces Polymorphus* show high β -glucosidase activity while *Aspergillus Niger* fungi produce high cellulase activity and less-glucosidase. Cellulase enzyme can hydrolyze cellulose into glucose by fermentation. In this study, enzyme mixing of yeast fermentation and fermentation of fungi was done. Strain of *Debaryomyces Hansenii* has the highest β -glucosidase content in 4 days production of enzyme 0,2650212 units / ml mixed with *Aspergillus Niger* L-76 0,0592 units / ml fungi for kinetics test of mixed enzyme reaction with yeast ratio: fungi = 1: 1, 1: 2 and 2: 1. The highest mixed enzymes were produced at a 2: 1 ratio and had the enzyme kinetic parameters of Vmax of 0.200080032 g / L and Km 1.589636L / g using a variation of CMC substrate concentration of 0.3; 0.4; 0.5; 0.6; 0.7; 0.8; 0.9; and 1g / L.

1. PENDAHULUAN

Selulase merupakan enzim yang banyak digunakan. Beberapa Industri yang menggunakannya antara lain industri kimia, batu bara, pupuk organik, dan bahan pakan. Selulase juga dimanfaatkan dalam proses fermentasi biomassa yang mengandung selulosa menjadi biofuel, seperti bioethanol (Idiawati, Harfinda, & Arianie, 2014) dalam (Mtui, 2009).

Enzim selulase digunakan untuk menghidrolisis selulosa menjadi glukosa. Karena strukturnya yang rigid, selulosa kristalin resisten terhadap aksi individual selulase. Konversi efektif dari selulase dimungkinkan oleh kerja sinergis dari ketiga subgroup selulase berikut (M.Samsuri, 2008): *Endo- β -1,4-glukanase* memecah ikatan *internal glukosidik* yang berada di antara rantai *glukan* yang runtuh. *Ekso - β -1,4-Dglukanase* yang memecah *dimer selobiosa* dari rantai *glukan* dan melepaskannya ke dalam larutan. *β -glucosidase* yang menyempurnakan hidrolisis selulosa menjadi glukosa dengan memecah *selobiosa* menjadi monomer glukosa.

Hidrolisis selulosa dapat dilakukan dengan menggunakan mikroba yang menghasilkan enzim selulase, *yeast Debaryomycess Hansenni*, *Debaryomycess polymorphus* dan *fungi Aspergillus Niger*. (Cheng & Timilsina, 2011).

Fermentasi merupakan proses yang di dalamnya terdapat mikroba yang dikembangkan dalam suatu fermentor. Faktor-faktor yang mempengaruhi kehidupan dan pertumbuhan mikroorganisme antara lain (Zabed et al, 2014) :

- a. Media yang digunakan mengandung sumber karbon meliputi molase, pati, selulosa, minyak dan lemak, dll. Pada penelitian ini penulis menggunakan beta arbutin sebagai sumber selulosa.
- b. Suhu adalah faktor penting yang dapat mempengaruhi perkembangan *strain yeast* saat proses fermentasi berlangsung yaitu pada suhu fermentasi 35°C.
- c. Waktu fermentasi selama 3-5 hari. Jika waktu yang digunakan terlalu cepat glukosa yang dihasilkan terlalu sedikit karena masih dalam masa

pertumbuhan dan apabila waktu yang digunakan lama *strain yeast* akan mati sehingga glukosa yang dihasilkan tidak maksimal (Sukaryo dkk, 2013).

- d. Nilai pH pertumbuhan yang baik untuk *yeast* adalah 5,6.
- e. Nutrisi, semua mikroorganisme memerlukan nutrisi yang akan menyediakan energi biasanya diperoleh dari substansi yang mengandung karbon. Nitrogen untuk sintesis protein. Sumber nitrogen yang digunakan adalah $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.
- f. Vitamin dapat berupa nutrisi dalam substrat maupun yang diberikan ke substrat sangat mempengaruhi pertumbuhan yeast pada media fermentasi pertumbuhan *yaest* (Safaria, s., dkk, 2013). Larutan nutrisi yang digunakan berupa (0,35g *peptone*, 0,3g *yeast* ekstrak, 0,2g KH_2PO_4 , 0,1g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 0,1g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) (D'amore, T., dkk, 1989)

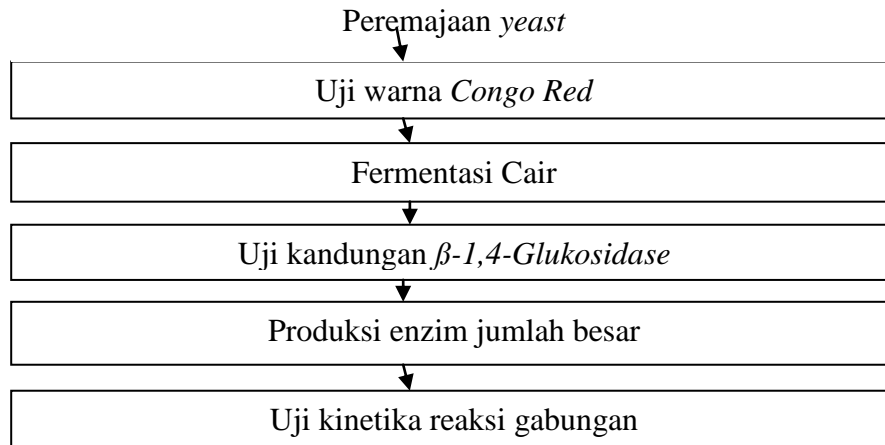
Persamaan Michaelis dan Menten digunakan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi substrat terhadap kecepatan reaksi dengan menghitung nilai V_0 melalui reaksi berikut (Martoharsono, 2006):

$$V_0 = \frac{\text{maks } [S]}{K_m + [S]} \dots\dots\dots (1)$$

2. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan *strain yeast Debaryomycess Hansenni* dan *Debaryomycess Polymorphus* yang diperoleh dari InaCC LIPI Bogor. Bahan-bahan kimia lain yang diperoleh dari CV.Chem-Mix Pratama, Bantul, Yogyakarta dan Laboratorium Teknik Kimia UMS. .

Metode penelitian dilakukan dengan beberapa tahapan, seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir percobaan

Deskripsi singkat metode penelitian:

- a. Membuat biakan atau peremajaan *yeast* dalam media YPDA (1g *Yeast Extrak*, 2g *Peptone*, 2g glukosa dan 2g agar) dalam 50mL aquades lalu inkubator 37°C selama 5 hari.
- b. Biakan *yeast* dari inkubator dipotong berbentuk lingkaran dengan diameter 1cm lalu pindahkan ke cawan petri yang berisi larutan substrat (2g *Beta Arbutin*, 2g Agar, 0,1g *Yeast Extrak*) dalam 100mL, kemudian di inkubator 35°C selama 2 hari, 3 hari dan 4 hari. Sampel kemudian di beri larutan *Congo Red* (0,25g dalam 100mL) 10ml, lalu diamkan selama 10 menit kemudian cuci dengan larutan NaCl (1g dalam 100 mL) 10mL, selama 5 menit lalu diukur diameter warna oranye yang terbentuk. *Strain* yang mempunyai *indeks* enzimatis tertinggi dipilih sebagai *strain* yang akan diteliti lebih lanjut.
- c. Biakan *strain* dipotong seluas 1cm lalu pindahkan ke dalam larutan media inokulum berupa 0,35g *Peptone*, 0,3g *Yeast Extrak*, 0,2g KH_2PO_4 , 0,1g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 0,1g MgSO_4 , 10g *Beta Arbutin*, dalam 100 ml dalam erlenmeyer kemudian inkubator pada 35°C pH 5,6 selama 4 hari dan 5 hari.

d. Uji kandungan

Uji kandungan Enzim β -1,4-Glukosidase dilakukan dengan membuat larutan substrat (15mM *Beta Arbutin* dalam 0,05M *buffer* sitrat pH 4,8), larutan 0,05M *buffer* sitrat pH 4,8, larutan DNS (1g DNS; 18,2g Kna tatarat; 1g NaOH; 1g Na₂SO₃ dalam 100ml aquades), larutan standar glukosa dengan perbandingan 1:1,5; 1:2; dan 1:4 (0,2g glukosa / 100ml). *Cellobiose Blank* dan enzim *blank*.

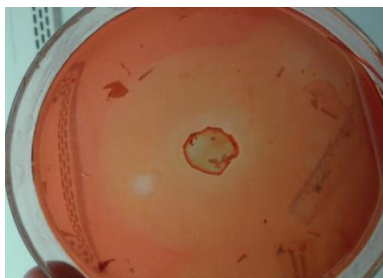
- e. Produksi enzim jumlah besar: biakan *strain yeast* dipotong seluas 1cm lalu pindahkan ke larutan inokulum (0,7g *Peptone*; 0,6g *Yeast Ekstrak*; 0,2g KH₂PO₄; 0,2g (NH₄)₂SO₄; 0,2g MgSO₄; 25g *Beta Arbutin* dalam 1L aquades. Produksi jumlah besar *yeast* jenis *Debaryomycess Hansenni* dan *Debaryomycess Polymorphus*, lalu difermentasi selama 5 hari pada 35°C dan pH 5,6 uji kandungan enzim β -1,4-Glukosidase kemudian di pilih *yeast* yang terbaik dengan kadar glukosa yang paling tinggi untuk diuji kinetika reaksi gabungan.
- f. Uji gabungan enzim β -1,4-Glukosidase dari *yeast* tertinggi dan *Endo- β -1,4-Glukanase*, dan *Ekso- β -1,4-Glukanase*, dari *fungi* tertinggi. *Yeast* tertinggi kandungannya digabung dengan *fungi* tertinggi diambil dengan perbandingan *yeast: fungi* 1:1, 1:2, 2:1. Uji kinetika reaksi enzim gabungan menggunakan substrat CMC dengan variasi konsentrasi 0,1g; 0,2g; 0,3g; 0,4g; 0,5g; 0,6g; 0,7g; 0,8g; 0,9g; 1g

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan beberapa uji antara lain uji warna *Congo Red*, uji kandungan β -1,4-Glukosidase dengan substrat *Beta Arbutin* dan uji kinetika reaksi enzim gabungan *yeast Debaryomycess Hansenni* dan *fungi Aspergillus Niger* menghasilkam glukosa dengan kandungan terbaik.

3.1 Pengaruh Waktu Inkubasi Terhadap Nilai Indeks Enzimatis Pada Uji Warna Congo Red

Uji warna Congo Red dilakukan terhadap 2 *strain yeast*. Pewarnaan ini menghasilkan warna oranye terang yang dapat dibedakan dengan zona substrat lainnya seperti Gambar 2.



Gambar 2. *Debaryomyces polymorphus* 4 hari

Gambar 2. memperlihatkan adanya zona bening atau warna oranye disekitar biakan *strain* yang menunjukkan bahwa *yeast Debaryomyces Hansenni* mampu memanfaatkan selulosa yang terkandung dalam media untuk pertumbuhannya (Sudarmaji, dkk.,1997) dalam ((Irawati, R., 2016). Warna oranye berasal dari interaksi *direct dry Congo Red* dengan *Beta Arbutin*. *Congo Red* yang tidak bereaksi larut dalam pembilasan dengan larutan NaCl 1%. Pengaruh dari selulase ditunjukkan oleh diameter warna oranye (Teather & Wood, 1982) dalam (Hamid, dkk, 2015). *Strain* dengan waktu inkubasi selama 2 hari, tidak menunjukkan adanya indeks enzimatis, karena diameter *yeast* tidak terbentuk 0 pada hari kedua. *Strain* yang paling baik dalam mengkonsumsi *Beta Arbutin* adalah *Debaryomyces Hansenni* dengan waktu inkubasi selama 4 hari, dengan indeks enzimatis sebesar 4,916. Tingginya indeks enzimatis pada *Debaryomyces Hansenni* menandakan tingginya aktivitas enzim selulase.

3.2 Uji Kandungan β -1,4-Glukosidase Pada 540nm

Produksi enzim selulase adalah tahap dimana enzim dihasilkan dari proses fermentasi cair dengan substrat *Beta Arbutin* dari metabolisme *strain yeast*.

Pada proses inkubasi *yeast* akan menghidrolisis selulosa dalam *Beta Arbutin* dengan menghasilkan enzim selulase untuk diubah menjadi glukosa (Fuadi, A.M., dkk, 2015). Pertumbuhan *yeast* pada media fermentasi dipengaruhi oleh nutrisi yang ada pada substrat ataupun yang diberikan ke substrat (Safaria, s., dkk, 2013). Larutan nutrisi berupa (0,35g *Peptone*, 0,3g *Yeast Ekstrak*, 0,2g KH_2PO_4 , 0,1g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 0,1g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) (D' amore, T., dkk, 1989). Sumber nutrisi yang diperlukan oleh *yeast* terdiri dari karbon, nitrogen dan mineral dengan perbandingan tertentu. Sumber nitrogen dapat berupa $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ yang diperlukan untuk pertumbuhan dan sekresi enzim. Sedangkan magnesium dan kalsium di perlukan sebagai pengendapan senyawa-senyawa kimia yang dapat mengganggu pertumbuhan *strain yeast* (Taufik, 1992) dalam (Safaria, s., dkk, 2013).

Tabel. 1. uji kandungan β -1,4-glukosidase pada 540nm

Uji kandungan	Cb (units/ml)		
	4 hari	5 hari	Produksi 4 hari
<i>Debaryomyces Hansenni</i> enzim blank	0,122602	0,003889	0,2650212
<i>Debaryomyces Polymorphus</i> enzim blank	0,063894	0,007778	0,167606

Fermentasi dilakukan selama 4 hari dan 5 hari lalu di uji kandungan dengan 1ml DNS, dan diukur arbsorbansinya pada 540nm. Dari tabel, diketahui bahwa pada hari ke 4 fermentasi menunjukkan tingginya kandungan β -1,4-Glukosidase yang diproduksi oleh enzim selulase. Kandungan β -1,4-Glukosidase pada *yeast Debaryomyces Hansenni* pada hari ke 4 sebanyak 0,1226024 units/ml. Sedangkan kandungan β -1,4-Glukosidase *Debaryomyces Polymorphus* lebih rendah yaitu 0,063894 units/ml. Akan tetapi setelah selulosa pada media tumbuhnya mendekati habis, *yeast* akan menggunakan glukosa yang telah diuraikan oleh enzim selulase sebagai sumber energi dalam selnya (Saropah, D.A., dkk, 2012) dalam (White, 2000) yang ditandai dengan menurunnya kadar gula reduksi yang dihasilkan. Pada fermentasi ke 5 hari,

kandungan β -1,4-Glukosidase mulai menurun, yang disebabkan karena banyaknya kematian sel pada media, sehingga kadar gula reduksi yang dihasilkan mengalami penurunan. kandungan β -1,4-Glukosidase pada hari ke 5 *yeast Debaryomyces Hansenni* adalah 0,0038892 units/mL dan *Debaryomyces Polymorphus* sebesar 0,0077784 units/mL.

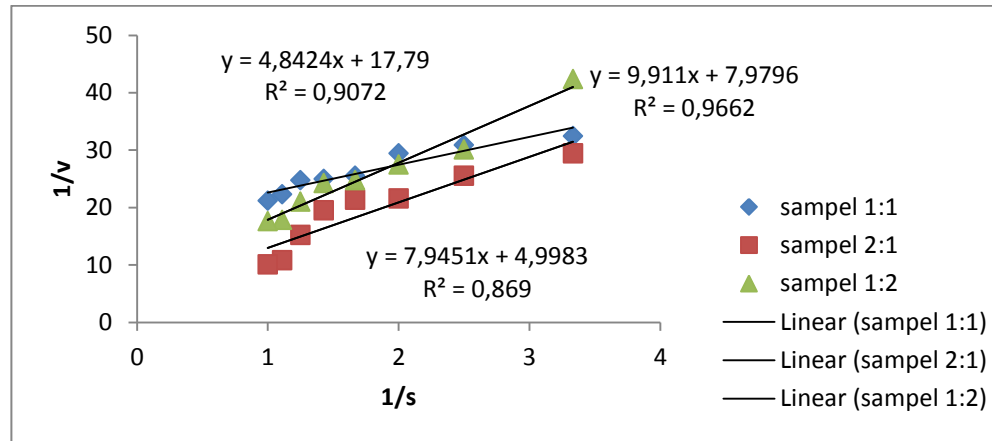
Karena waktu optimum hidrolisis pada hari ke 4, maka diproduksi enzim dalam jumlah yang besar yaitu 1L larutan selama 4 hari, dan dihasilkan kandungan selobiosa *Debaryomyces Hansenni* sebesar 0,2650212 units/mL dan *Debaryomyces Polymorphus* sebesar 0,167606 units/mL.

3.3 Menghitung Nilai Vmax dan Km

Penentuan laju reaksi maksimum (Vmax) dan konstanta Michaelis-Menten (Km) bertujuan untuk mengetahui karakteristik enzim. Nilai Vmax menunjukkan tingkat kejenuhan enzim oleh substrat sedangkan Km menunjukkan efisiensi katalis dari enzim yang didefinisikan sebagai konsentrasi substrat tertentu pada saat kecepatan katalitik enzim mencapai setengah kecepatan maksimumnya (Saropah, D.A., dkk, 2012) dalam (Gultom, 2001). Nilai Vmax dan Km diperoleh dengan mengukur kecepatan awal dan aktivitas selulase pada kondisi optimum, dengan konsentrasi substrat 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9 dan 1g.

Semakin tinggi konsentrasi substrat maka semakin tinggi pula energi dan frekuensi benturan antar molekul sehingga semakin banyak enzim selulase yang dapat mengikat selulosa untuk membentuk kompleks enzim-glikosil yang selanjutnya akan membentuk produk berupa glukosa (Saropah, D.A., dkk, 2012) dalam (Gultom, 2001). Pada penelitian ini menggunakan substrat CMC karena enzim yang akan di hidrolisis adalah enzim selulase, dimana enzim selulase bekerja dalam menghidrolisis selulosa. CMC merupakan turunan dari selulosa yang mudah larut dalam medium dan mudah terhidrolisis (Ambriyanto, 2010) dalam (Irawati, R., 2016).

Dari hasil penelitian, diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi substrat maka semakin meningkat pula nilai absorbansinya. Akan tetapi, peningkatan ini akan berhenti ketika enzim sudah jenuh dengan substrat karena jumlah molar substrat sudah melampaui jumlah molar enzim setelah titik batas maksimum (V_{max}) dari reaksi enzimatik.



Gambar 3. grafik hubungan antara $1/s$ dan $1/v$

Grafik di atas menunjukkan hubungan antara konsentrasi substrat $1/s$ dan $1/v$ dalam perbandingan gabungan enzim diperoleh persamaan dari masing-masing perbandingan enzim gabungan. Pada perbandingan 1:1 diperoleh $y = 4,842x + 17,79$ sehingga nilai V_{max} sebesar $0,056211355$ g/L.menit dan K_m sebesar $0,272175$. Pada perbandingan 1:2 diperoleh $y = 7,945x + 4,998$ sehingga nilai V_{max} sebesar $0,125328989$ g/L.menit dan K_m sebesar $1,242136$. Pada perbandingan 2:1 diperoleh $y = 9,911x + 7,979$ sehingga nilai V_{max} $0,200080032$ g/L.menit dan K_m $1,589636$.

Kecepatan maksimum atau V_{max} tertinggi terjadi pada perbandingan gabungan enzim 2:1 yaitu V_{max} $0,200080032$ g/L.menit menunjukkan kecepatan maksimum enzim selulase dalam mengubah substrat selulosa menjadi glukosa sebesar $0,200080032$ g/L per menitnya, sedangkan konstanta Michaelis-Menten sebesar $1,589636$, artinya nilai K_m berfungsi sebagai ukuran konstanta disosiasi (K_d) suatu enzim. Kompleks enzim-substrat nilai

Kd berbanding terbalik dengan afinitas enzim terhadap substratnya (Saropah, D.A., dkk, 2012) dalam (Sadikin,2002). Semakin kecil kecenderungan substrat dan enzim berdisosiasi maka semakin besar afinitas enzim terhadap substrat, sehingga kesetimbangan reaksi kearah ES dan produk yang diperoleh memiliki yield tinggi. apabila nilai K_m besar berarti enzim mempunyai afinitas rendah terhadap substrat, sehingga kesetimbangan reaksi ke arah $E+S$. namun jika dilihat dari nilai absorbansinya, semakin tinggi konsentrasi substrat maka semakin meningkat pula nilai absorbansinya. Pada konsentrasi substrat 1g absorbansi tertinggi adalah pada perbandingan 2:1. Sehingga dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa penambahan *yeast debaryomycess hansenni* sebesar 100mL pada perbandingan 2:1 sangat berpengaruh terhadap kecepatan maksimum V_{max} yang dihasilkan.

Dari penelitian sebelumnya, tentang pembuatan enzim selulase secara fermentasi padat pada bagas dengan *aspergillus niger* L-74 menunjukkan enzim yang dihasilkan mempunyai parameter kinetika enzim yaitu V_{max} 7,6497 g/L.menit dan K_m 1,73574E-05L/g (Abdillah, H.,dkk, 2015). jika dibandingkan dengan penelitian kali ini memiliki selisih nilai yang sangat besar, pada penlitian ini nilai V_{max} lebih kecil yaitu 0,200080032 g/L.menit dan K_m 1,589636 pada gabungan (*debaryomycess hansenni* dan *aspergillus* L-76) 2:1, artinya *yeast* sangat mempengaruhi kecepatan maksimum enzim. Namun hasil yang diperoleh masih jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Hal itu disebabkan karena jenis fungi yang digunakan berbeda. Kemungkinan fungi jenis L-74 memiliki aktivitas selulase yang lebih tinggi dibandingkan L-76 sehingga memiliki nilai V_{max} dan K_m yang lebih besar.

4. PENUTUP

- a. Nilai indeks enzimatis tertinggi pada uji warna Congo red adalah *Debaryomycess Hansenni* dengan waktu inkubasi selama 4 hari, dengan indeks enzimatis sebesar nilai 4,916.

- b. Nilai aktivitas enzim tertinggi pada uji kandungan β -1,4-Glukosidase pada fermentasi selama 4 hari dengan nilai yeast *Debaryomyces Hansenni* sebanyak 0,1226024 units/mL dan *Debaryomyces Polymorphus* sebesar 0,063894 units/mL .
- c. Produksi enzim jumlah besar pada waktu hidrolisis optimum, yaitu 4 hari dengan nilai *Debaryomyces Hansenni* sebesar 0,2650212 units/ml dan *Debaryomyces Polymorphus* sebesar 0,167606 units/mL.
- d. Kecepatan maksimum Vmax tertinggi terjadi pada perbandingan gabungan enzim 2:1 yaitu Vmax 0,200080032 g/L.menit dan Km sebesar 1,589636 L/g.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, H., Busairi, A., dan Priyanto, S. 2015. *Usaha Peningkatan Aktivitas Enzim dengan Metodologi Permukaan Respon pada Pembuatan Enzim Selulase Secara Fermentasi Padat pada Bagas dengan Aspergillus Niger L-74*. Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia VII. UNS
- Cheng, J. J., & Timilsina, G. R., (2011). “*Status and barriers of advanced biofuel technologies*” *A review. Renewable Energy*, Vol: 36, pp. 3541-3549
- D’Amore, T., Russell, I., and G. Stewart, G. 1989. *Sugar Utilization by Yeast During Fermentation*. *Journal of Industrial Microbiology*, 4 (1989), 315-324.
- Fuadi, AM., Abdillah, H., Achmad, A., EP, Danang., dan Setiawan, A. 2015. *Pengaruh Kadar Glukosa dan Waktu Inokulasi pada Optimasi Pembuatan Enzim Selulase dengan Menggunakan Jamur Aspergillus Niger dan Substrat Kertas*. Simposium Nasional RAPI XIV FT UMS.
- Hamid, busairi, A. dan Priyanto, S. 2015. *Pemiliha Strain Aspergillus Niger dan Trichoderma Reesei Untuk Memperoleh Aktivitas Selulase Tinggi pada Fermentasi Padat Menggunakan Bagas*. Simposium Nasional RAPI XIV-FT UMS

- Idiawati, N., Harfinda, E. M., & Arianie, L. (2014). *Produksi Enzim Selulase oleh Aspergillus niger pada Ampas Sagu*, 16(1), 1–9.
- Irawati, R. 2016. *Karakterisasi Ph, Suhu dan Konsentrasi Substrat pada Enzim Selulase Kasar Yang Diproduksi oleh Bacillus Circulans*. Jurnal Skripsi. UIN Maulana Malik Ibrahim : Malang.
- Martoharsono, S. 2006. *Biokomia 2*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Mtui, Y.S. 2009. *Recent Advances In Pretreatment of Lignocellulosic Wastes And Production of Value Added Products*. African J. Of Biotechnology Vol. 8(8): 1407-1401.
- Safaria, S., Idiawati, N., dan Zaharah, T.A. 2013. *Efektivitas Campuran Enzim Selulase Dari Aspergillus Niger Dan Trichoderma Reesei Dalam Menghidrolisis Substrat Sabut Kelapa*. JKK. 2(1), 46-51
- Samsuri M.2008. *Konversi Bagas Menjadi Etanol Dengan Kombinasi Perlakuan Awal dan Enzim Dalam Proses Sakarifikasi dan Fermentasi Serempak (SFF)*. Depok:FT UI. Padjadjaran.
- Saropah, D.A., Jannah, A. dan Maunatin, A. 2012. *Kinetika Reaksi Enzimatis Ekstrak Kasar Enzim Selulase Bakteri Selulolitik Hasil Isolasi Dari Bekatul*. 2(1), 34-35.
- Sukaryo, Bakti, J., dan Hargono. 2013. *Pembuatan Bioetanol dari Pati Umbi Kimpul (Xanthasoma Sagittifolium)*. Vol. 9, No. 2, pp.41–45. Jurusan Tekni Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang
- Zabed, Golam, F., Jaya, N.S., Mohd, S.A., Rosli H., and Amru, N.B. 2014. *Bioethanol Production from Fermentable Sugar Juice Bioethanol Production from Fermentable Sugar Juice*. The Scientific World Journal. Vol. 2014, Article ID 957102, pp. 11, Institute of Biological Sciences, University of Malaya, 50603 Kuala Lumpur, Malaysia.



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA

Jl. A. Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos 1 Surakarta 57102 Telp. (0271) 717417 Ext. 224, 434 Fax. 715440 Website: <http://www.ums.ac.id>

Nomor : 0148 /D.2-III/TEKIM/PEN/III/2018

26 Maret 2018

Lampiran : 2 halaman

Hal : Permohonan Review Artikel

Yang saya hormati:

Bapak Rois Fatoni, ST, MSc, PhD

Reviewer Artikel Publikasi Ilmiah Mahasiswa

Program Studi Teknik Kimia FT UMS

Assalamu'alaykumwarahmatullahiwabarakaatuhu,

Ba'da tahmid dan sholawat, perubahan kurikulum Prodi Teknik Kimia FT UMS yang menjadikan Mata Kuliah Tugas Penelitian sebagai skripsi mahasiswa, mempunyai konsekuensi artikel publikasi ilmiah mahasiswa sebagai syarat kelulusan juga harus didasarkan pada laporan akhir penelitian tersebut. Untuk menentukan kelayakan, artikel publikasi ilmiah tersebut akan ditelaah oleh tiga *reviewer* (salah satunya pembimbing penelitian), sebelum dikumpulkan dan dipublish di Perpustakaan UMS. Untuk itu kami mohon Bapak/Ibu berkenan menelaah artikel berikut dengan mengikuti format sesuai boring *review* terlampir:

No	Nama Penulis/Mahasiswa	NIM	Judul Artikel
1.	Elox Yuniar Rahmawati	D500 1300 045	Uji Karakteristik Enzim β -1,4-Glukosidase pada Berbagai <i>Yeast</i> serta Kinetika Reaksi Enzim Campuran

Mohon tugas review artikel ini dapat diselesaikan dalam waktu **1 (satu minggu)** sejak menerima surat permohonan ini. Lembar hasil review dikembalikan ke Koordinator Tugas Penelitian

Ketua Program Studi

Rois Fatoni, ST, MSc, PhD



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA

Jl. A. Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos 1 Surakarta 57102 Telp. (0271) 717417 Ext. 224, 434 Fax. 715448 Website : <http://www.ums.ac.id>

BORANG TELAAH (REVIEW) ARTIKEL ILMIAH

Judul Artikel : Uji Karakteristik Enzim β -1,4-Glukosidase pada Berbagai *Yeast* serta Kinetika Reaksi Enzim Campuran

Penulis : Elox Yuniar Rahmawati
E-mail : elox.9335@gmail.com

NIM : D500 130 045
No. HP : 082313332989

A. Poin-poin yang ditelaah/di-review:

	Ya	Tidak	lihat
			Komentar
1. Apakah orisinalitas artikel sudah nampak jelas ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Apakah judul artikel sesuai dengan isi?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Apakah abstrak menggambarkan isi artikel?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Apakah kata kunci mewakili ruang lingkup topik penelitian?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Apakah metode penelitian atau pendekatan dalam menyelesaikan persoalan yang diteliti telah didiskripsikan dengan jelas?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Apakah data dan intepretasinya valid dan bisa dipertanggungjawabkan?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Apakah penggunaan tabel dan gambar sudah sesuai dan menambah kejelasan dalam pembahasan?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Sudahkah pembahasan dan analisis relevan dengan hasil penelitian yang disajikan?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Apakah daftar pustaka yang dipakai cukup dan relevan?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Sangat bagus	Bagus	Sedang Kurang
10. Kontribusi terhadap ilmu pengetahuan	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Orisinalitas/Keaslian	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. Sistematika	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Bahasa	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. Akurasi dalam penulisan	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

B. Keputusan Penelaah (Reviewer)

Artikel/makalah tersebut:

- Dapat dikumpulkan/di-publish langsung tanpa revisi
- Dapat dikumpulkan/di-publish dengan revisi minor
- Dapat dikumpulkan/di-publish dengan revisi major
- Mohon dikembalikan pada kami (penelaah) untuk ditelaah ulang setelah direvisi
- Tidak layak untuk dikumpulkan/dipublish berdasar alasan-alasan di atas

☒
☐
☐
☐
☐



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA

Jl. A. Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos 1 Surakarta 57102 Telp. (0271) 717417 Ext. 224, 434 Fax. 715448 Website : <http://www.ums.ac.id>

C. Komentar terhadap artikel/makalah (Gunakan lembar kertas tambahan jika diperlukan).

Bagus .

Tanda tangan penelaah/reviewer:

(.....)

D. Catatan dari Koordinator Penelitian(s)



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA

Jl. A. Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos 1 Surakarta 57102 Telp. (0271) 717417 Ext. 224, 434 Fax. 715448 Website : <http://www.ums.ac.id>

Nomor : 0148 /D.2-III/TEKIM/PEN/III/2018
Lampiran : 2 halaman
Hal : Permohonan Review Artikel

26 Maret 2018

Yang saya hormati:
Bapak Dr. Ir. A.M. Fuadi, MT.
Reviewer Artikel Publikasi Ilmiah Mahasiswa
Program Studi Teknik Kimia FT UMS

Assalamu 'alaykumwarahmatullahiwarakaatuhu,

Ba'da tahmid dan sholawat, perubahan kurikulum Prodi Teknik Kimia FT'UMS yang menjadikan Mata Kuliah Tugas Penelitian sebagai skripsi mahasiswa, mempunyai konsekuensi artikel publikasi ilmiah mahasiswa sebagai syarat kelulusan juga harus didasarkan pada laporan akhir penelitian tersebut. Untuk menentukan kelayakan, artikel publikasi ilmiah tersebut akan ditelaah oleh tiga *reviewer* (salah satunya pembimbing penelitian), sebelum dikumpulkan dan dipublish di Perpustakaan UMS. Untuk itu kami mohon Bapak/Ibu berkenan menelaah artikel berikut dengan mengikuti format sesuai borang *review* terlampir:

No	Nama Penulis/Mahasiswa	NIM	Judul Artikel
1.	Elox Yuniar Rahmawati	D500 1300 045	Uji Karakteristik Enzim β -1,4-Glukosidase pada Berbagai <i>Yeast</i> serta Kinetika Reaksi Enzim Campuran

Mohon tugas review artikel ini dapat diselesaikan dalam waktu 1 (satu minggu) sejak menerima surat permohonan ini. Lembar hasil review dikembalikan ke Koordinator Tugas Penelitian

Ketua Program Studi



Rois Fatoni, ST, MSc, PhD



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA

Jl. A. Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos 1 Surakarta 57102 Telp. (0271) 717417 Ext. 224, 434 Fax. 715448 Website : <http://www.ums.ac.id>

BORANG TELAAH (REVIEW) ARTIKEL ILMIAH

Judul Artikel : Uji Karakteristik Enzim β -1,4-Glukosidase pada Berbagai *Yeast* serta Kinetika Reaksi Enzim Campuran

Penulis : Elox Yuniar Rahmawati

NIM : D500 130 045

E-mail : elox.9335@gmail.com

No. HP : 082313332989

A. Poin-poin yang ditelaah/di-review:

	Ya	Tidak	lihat
			Komentar
1. Apakah orisinalitas artikel sudah nampak jelas ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Apakah judul artikel sesuai dengan isi?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Apakah abstrak menggambarkan isi artikel?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Apakah kata kunci mewakili ruang lingkup topik penelitian?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Apakah metode penelitian atau pendekatan dalam menyelesaikan persoalan yang diteliti telah didiskripsikan dengan jelas?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Apakah data dan intepretasinya valid dan bisa dipertanggungjawabkan?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Apakah penggunaan tabel dan gambar sudah sesuai dan menambah kejelasan dalam pembahasan?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Sudahkah pembahasan dan analisis relevan dengan hasil penelitian yang disajikan?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Apakah daftar pustaka yang dipakai cukup dan relevan?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Sangat bagus	Bagus	Sedang Kurang
10. Kontribusi terhadap ilmu pengetahuan	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Orisinalitas/Keaslian	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. Sistematika	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Bahasa	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. Akurasi dalam penulisan	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

B. Keputusan Penelaah (Reviewer)

Artikel/makalah tersebut:

- Dapat dikumpulkan/di-publish langsung tanpa revisi
- Dapat dikumpulkan/di-publish dengan revisi minor
- Dapat dikumpulkan/di-publish dengan revisi major
- Mohon dikembalikan pada kami (penelaah) untuk ditelaah ulang setelah direvisi
- Tidak layak untuk dikumpulkan/dipublish berdasar alasan-alasan di atas

<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>



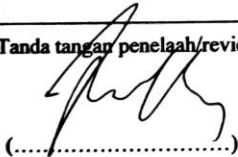
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA

Jl. A. Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos 1 Surakarta 57102 Telp. (0271) 717417 Ext. 224, 434 Fax. 715448 Website : <http://www.ums.ac.id>

C. Komentar terhadap artikel/makalah (Gunakan lembar kertas tambahan jika diperlukan).

ada beberapa cara plotisan yg perlu
diperbaiki!

Tanda tangan penelaah/reviewer:


(.....)

D. Catatan dari Koordinator Penelitian(s)